

钾对苹果树水分利用效率 及有关参数的影响*

曲桂敏 束怀瑞 王鸿霞

(山东农业大学园艺系, 泰安 271018)

摘要 以2年生盆栽新红星/平邑甜茶苹果树为试材,初步探讨了土壤不同水分状况下钾对水分利用效率(WUE)及有关参数的影响,结果表明,充足供水时,施钾肥植株的气孔导度(G_s)增大,光合速率(P_n)和蒸腾速率(T_r)同时被提高,但 T_r 的提高幅度更大,导致了WUE的降低;土壤干旱时,钾可明显提高植株的WUE,不同处理的WUE大小顺序为:高K>中K>低K>CK,植株施钾肥后, G_s 增大, P_n 被提高,但 T_r 却下降,说明WUE的改善是通过提高光合和降低蒸腾两条途径实现的。

关键词 钾,苹果树,水分利用效率

中图分类号 S143.3

水是影响干旱和半干旱地区农田生产力的主要限制因子,但目前我国多数情况下有限的降水资源并未得到充分有效的利用,主要表现在水土流失严重、地面蒸发强烈、对土壤深层储水利用不足以及作物本身水分利用效率过低等。因此,深入研究提高降水利用率及植株水分利用效率(WUE)就成为高效利用有限水资源、保障农业可持续发展的一个核心问题。

研究表明,在果树作物上,钾能促进果树生长^[1],有利于提高含糖量及改善果实色泽^[2],因此在果园管理中钾肥的施用受到重视。关于钾与植物水分状况及抗旱性关系的研究,所见报道仅限于一年生植物,总结现有资料主要表现在钾在气孔调节中的作用^[3,4]和干旱条件下利于维持细胞膨压^[5,6]两个方面。由于钾能调节植物叶片气孔的开闭,进而影响光合和蒸腾两个生理过程,必然对WUE产生作用。本文以苹果树为对象,就不同水分状况下钾对WUE及有关参数的影响进行了初步探讨,以为果树抗旱栽培提供合理施肥方面的理论依据。

1 材料与方法

盆栽2年生新红星/平邑甜茶苹果树,平均株高83cm,花盆上口直径为40cm,下底直径为25cm,盆高30cm,盆中营养土为沙壤土,由腐熟羊粪:壤土:细沙 = 1:1:1混合而成,有机质含量为21.0g/kg,

* 本文为作者博士论文“水分胁迫下苹果树水分利用效率的研究”的部分内容

收稿日期:1998-10-21;收到修改稿日期:1998-12-25

pH6.8, 土壤水解 N 为 163.5mg / kg 土, 速效 P 为 255.4mg / kg 土, 速效 K 为 110.0mg / kg 土。钾肥为硫酸钾 (K_2SO_4), 分低 (5g / 株)、中 (10g / 株)、高 (15g / 株) 三个浓度, 5 月 6 日用水溶解后施入盆中, 各处理重复 3 次, 不施肥为对照, 挂牌标记新梢大叶, 分别于 5 月 21 日 (充足供水, 土壤 20cm 处的相对含水量为 73.1%) 和 5 月 26 日 (土壤干旱, 20cm 处的相对含水量为 31.6%), 用英国 ADC 公司生产的 LCA-4 型便携式光合仪测定光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (G_s) 及细胞间隙 CO_2 浓度 (C_i) 等有关参数的日变化, 单叶水分利用效率 (WUE) 由 P_n / T_r 算出。

2 结果与分析

2.1 充足供水

土壤充足供水时, 施 K 肥与对照植株的 WUE 日变化均为双峰曲线, 不同处理峰值时间稍有差别, 低 K 处理与对照植株出现在 10:00 和 16:00, 中 K 和高 K 处理植株出现在 8:00 和 16:00。施 K 肥降低了一日内植株的 WUE, 峰值时的 WUE 分别为: 对照 CO_2 1.11 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, CO_2 0.80 $\mu\text{mol} / \text{mol}$; 低 K CO_2 1.07 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, CO_2 0.67 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, 下降 3.6% 和 16.3%; 中 K CO_2 1.06 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, CO_2 0.60 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, 下降 4.5% 和 25.0%; 高 K CO_2 1.10 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, CO_2 0.60 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, 下降 0.9% 和 25.0%, 所以下午的 WUE 降低更明显 (图 1A)。

施 K 肥后, 植株的 P_n 明显被提高, 各处理之间除上午低 K 的 P_n 低于中 K 和高 K 之外, 下午三种施肥水平的 P_n 差别很小 (图 1B)。各处理 10:00 峰值时的 P_n 分别为: 对照 CO_2 10.34 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 低 K CO_2 11.44 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 中 K CO_2 11.38 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 高 K CO_2 12.69 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 施肥植株的 P_n 比对照分别提高 10.64%, 27.47%, 22.73%。施 K 肥明显提高了植株的 T_r , 而且改变了 T_r 最大值出现的时间, 由对照的 12:00 推迟至 14:00, T_r 峰值分别为: 对照 H_2O 10.02 $\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 低 K H_2O 13.21 $\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 中 K H_2O 13.80 $\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 高 K H_2O 14.10 $\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 提高幅度分别为: 低 K 31.84%, 中 K 37.72%, 高 K 40.72%。由图 1C 可以看出, 下午 T_r 的提高幅度大于上午, 这可能是施 K 肥后下午 WUE 降低更突出的原因。施 K 肥后 G_s 明显提高, 但处理之间除高 K 的 G_s 略高外, 中 K 和低 K 差异不明显 (图 1D); 另外, 施 K 改变了 G_s 日变化趋势, 对照 G_s 从 6:00 开始逐渐升高, 10:00 达最大, 之后便一直下降, 而处理植株的 G_s 变化, 上午与对照相同, 12:00 之后逐渐回升, 至 14:00 出现第二次高峰。这可能是此时 T_r 较高 WUE 较低的最好解释。

施 K 植株的叶肉瞬时羧化效率 (P_n / C_i) 明显高于对照, 其日变化规律与 P_n 相似 (图 1E), 一日内大部分时间施 K 植株的细胞间隙 CO_2 浓度 (C_i) 低于对照, 但不同施肥水平的 C_i 大小因具体时间而异, 且彼此之间差异较小 (图 1F)。

由此看出, 充足供水条件下, 施 K 后植株的 P_n / C_i 和 T_r 同时被提高, 但 T_r 的提高幅度更大, 导致了 WUE 的降低。

2.2 土壤干旱

土壤干旱时, 施 K 肥可明显提高植株的 WUE, 不同处理的 WUE 大小顺序为: 高 K > 中 K > 低 K > CK, 但施 K 肥不改变 WUE 日变化规律, 处理和对照均为双峰曲线,

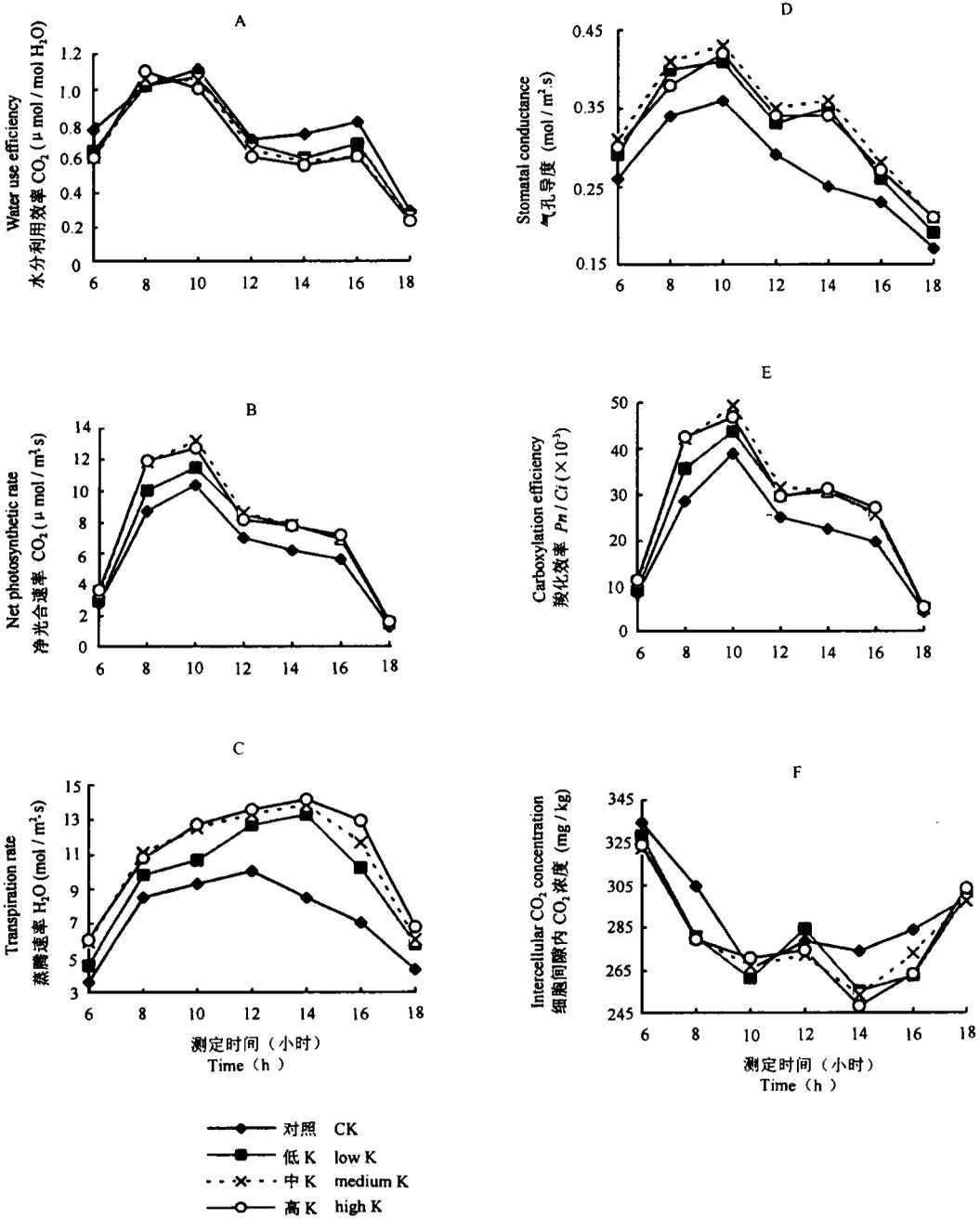


图 1 充分供水K对WUE及有关参数日变化的影响

Fig.1 Effect of potassium on diurnal variations of WUE and relevant parameters under the condition of adequate soil water content

8:00的峰值分别为: 对照 CO_2 $1.00\mu mol / mol$, 低 K CO_2 $1.15\mu mol / mol$, 中 K CO_2 $1.26\mu mol / mol$, 高 K CO_2 $1.29\mu mol / mol$, 施肥后 WUE 分别提高 15.0%, 26.0% 和 29.0%; 16:00 的峰值分别为: 对照 CO_2 $1.52\mu mol / mol$, 低 K CO_2 $1.18\mu mol / mol$, 中 K CO_2

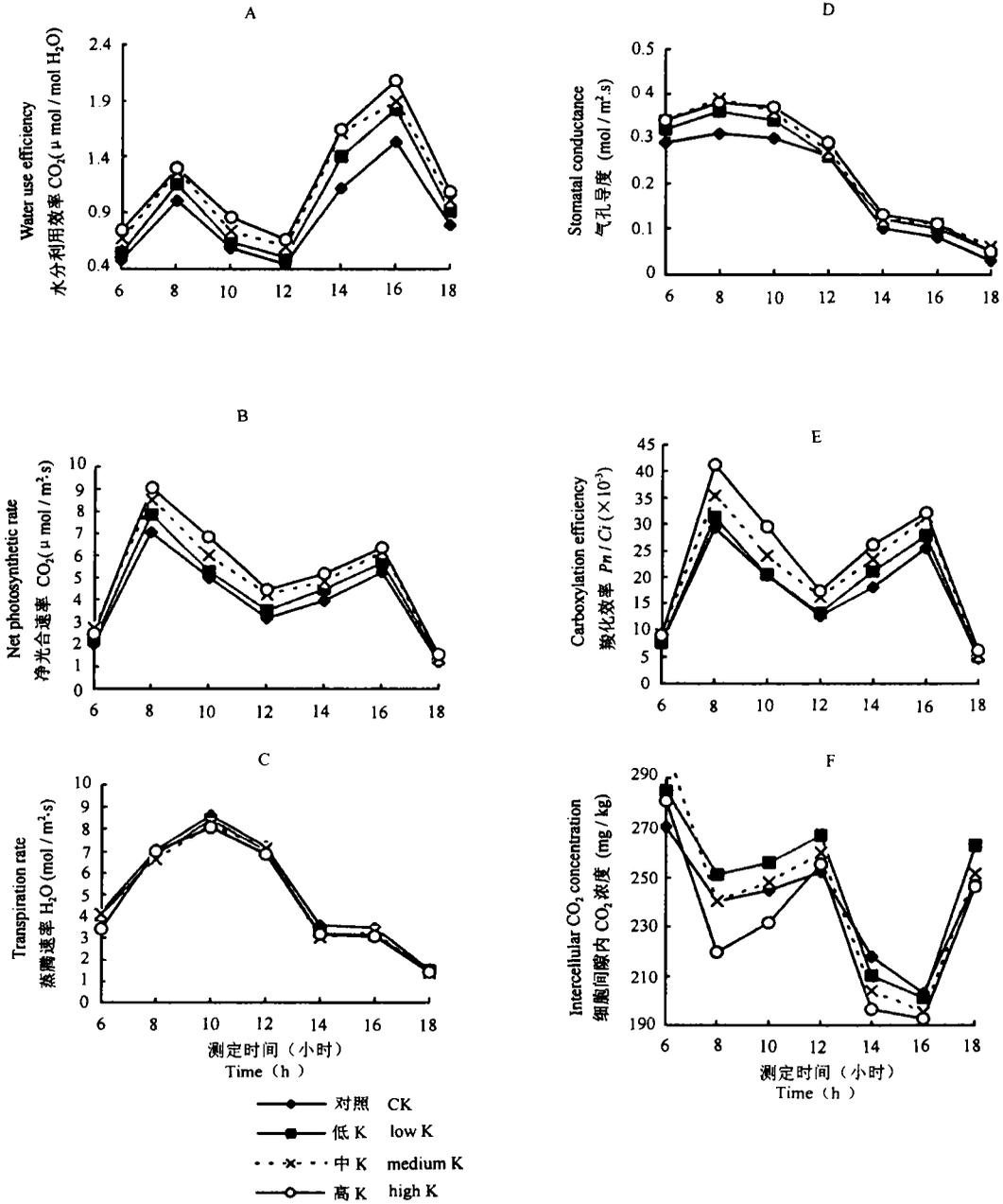


图 2 土壤干旱K对WUE及有关参数日变化的影响

Fig.2 Effect of potassium on diurnal variations of WUE and relevant parameters under the condition of soil drought

1.89 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, 高 K CO_2 2.08 $\mu\text{mol} / \text{mol}$, 施肥后 WUE 分别提高 19.1%, 24.3% 和 36.8% (图 2A)。

施 K 肥尽管不改变 P_n 日变化趋势, 但提高了植株的 P_n 值, 随施肥量的增加, P_n 逐渐升高 (图 2B)。8:00 的 P_n 峰值为: CK CO_2 7.04 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 低 K CO_2 7.85 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$,

中 K CO_2 $8.52\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 高 K CO_2 $9.05\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 施肥植株的 P_n 分别提高 11.51%, 21.02%, 28.55%; 16:00 的 P_n 峰值为: CK CO_2 $5.20\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 低 K CO_2 $5.62\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 中 K CO_2 $6.14\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 高 K CO_2 $6.32\mu\text{mol} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$, 施肥后 P_n 分别提高 8.08%, 18.08%, 21.54%。 T_r 值因植株施 K 肥而略有下降, 但不同施肥量之间差异不明显 (图 2C)。 G_s 因施 K 肥而升高, 上午高 K 和中 K 处理的 G_s 高于低 K 处理, 下午三种施肥量的 G_s 差异较小 (图 2D)。

施 K 肥后植株的 P_n / C_i 被提高, 随施肥量的增加, P_n / C_i 逐渐升高 (图 2E); C_i 的日变化趋势与对照相同, 但 C_i 大小却因时间和施肥量而异 (图 2F)。

由此看出, 土壤干旱条件下, 施 K 肥后植株 G_s 增加, P_n 被提高, 但 T_r 并不因此被增大, 相反, 植株因施 K 肥 T_r 下降, 这对增强作物的抗旱性十分有利, 因为施 K 肥后, 植株 WUE 的提高是通过提高光合和降低蒸腾两条途径实现的。 P_n 改善的原因可归功于施肥改善了气孔导度, 保证一定浓度的 C_i 和提高了叶肉的羧化能力两个方面, 至于为什么蒸腾下降有待进一步探讨。

3 讨 论

研究结果表明, 钾对 WUE 的影响因土壤含水量而异, 在干旱条件下, 施钾肥植株因改善了光合 (P_n), 降低了蒸腾 (T_r), 从而能明显提高 WUE; 然而在充足供水条件下, 植株施钾肥后气孔导度 (G_s) 明显增大, P_n 和 T_r 同时被提高, 但因 T_r 的提高幅度更大, 导致了 WUE 的降低。关于提高钾素营养水平能增强植物的耐旱性, 国外也进行了不少研究。当土壤缺水时, 适宜的养分供应能促进植物根系生长和下扎, 扩大根系在土壤中的吸收表面积以及和土壤水分的接触位点, 提高根 / 冠比, 从而增加水分的吸收^[7, 8]。Edward^[9]发现施用钾肥使玉米根系向下深扎达 60cm, 因而能吸到深层土壤中的水分, 改善土壤水分的利用状况。另外, 根对水分的吸收能力和植物利用土壤水分的效率与植物体内钾素营养状况有关, Mengel 与 Kirkby^[4]证明吸钾量高时, 根细胞的渗透势降低, 增加了土—根界面的水势梯度, 从而增强了根系的吸水能力。Linser 和 Herwig^[7]发现, 供水供钾好的亚麻有较低的蒸腾系数、较高的干物质产量; 在土壤含水量降低时, 高钾植物蒸腾系数更低。高钾植物在 40% 田间持水量时的产量与低钾植物在 80% 田间持水量时相同, 而前者消耗的水更少, 因此组织中高量的钾可以降低水分消耗而获得稳定的产量。

总之, 土壤缺水或无灌溉条件的果园, 除了搞好水土保持工程、增加地面覆盖 (例果园实行覆草、覆膜制)、减少水分蒸发和流失外, 适当增加钾肥的施用量, 一方面利于改善果实品质, 提高经济效益; 另一方面可以提高水分利用效率, 起到以肥补水的作用, 增强果树的耐旱性。可作为一项有效措施推广。

参 考 文 献

1. Faust M Q. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. New York: John Wiley & Sons Press, 1989. 33~119
2. 顾曼如, 束怀瑞, 曲桂敏等. 红星苹果果实的矿质元素含量与品质关系. 园艺学报, 1992, 19(4): 301~306
3. Hsiao T C. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol., 1973, 24: 519~570

4. Mengel K, Kirkby E A. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy*, 1980, 33:59~110
5. 李德全, 邹琦, 程炳嵩. 土壤干旱下不同抗旱性小麦品种的渗透调节和渗透调节物质. *植物生理学报*, 1992, 18(1): 37~44
6. Krumm M. Influence of potassium nutrition on concentrations of water soluble carbohydrates, potassium, calcium, and magnesium and the osmotic potential in sap extracted from wheat ears during preanthesis development. *Plant and Soil*, 1990, 124:281~285
7. Saxena N P. The role of potassium in drought tolerance. *Potash Review*, 1985, 16(5):34~41
8. Beringer H, Trolldenier G. Influence of potassium nutrition on the response to environmental stress. In: *Proceeding of the 11th Colloquium of the International Potash Institute, Bern / Switzerland*, 1978. 189~222
9. Edward L M. Potash fertilizer and increased tolerance to stress. *Agriviews*, 1981, 1:17~23

EFFECT OF POTASSIUM ON WATER USE EFFICIENCY AND RELEVANT PARAMETERS OF APPLE TREES

Qu Gui-min Shu Huai-rui Wang Hong-xia

(*Department of Horticulture, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018*)

Summary

2-year-old potted Starkrimson / *M. hupehensis* Rehd. apple trees were used as materials in the experiment. Effect of potassium on water use efficiency and relevant parameters of plants under conditions of different soil water status was preliminarily studied. The results showed that under the condition of adequate soil water content, stomatal conductance (G_s), photosynthetic rate (P_n) and transpiration rate (T_r) were all improved for trees applied potassium fertilizer, which resulted in the reduction of WUE because T_r was increased more than that P_n was. However, under the condition of soil drought, WUE of trees applied potassium fertilizer was apparently promoted as compared with contrast ones. WUE of trees with different potassium level was increased in the order: high K > medium K > low K. For treated plants under soil drought, as a result G_s and P_n were enhanced but T_r lowered, the improvement of WUE was due to both the increase of photosynthetic rate and the decrease of transpiration rate.

Key words Potassium, Apple trees, Water use efficiency